



**Министерство науки и  
высшего образования  
Российской Федерации**

федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«Мичуринский государственный  
аграрный университет»**  
(ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ)

Интернациональная ул., д. 101,  
г. Мичуринск, Тамбовская обл., 393760  
Тел. (47545) 3-88-01  
E-mail: info@mgau.ru; http://mgau.ru  
ОКПО 00493534; ОГРН 1026801063508;  
ИНН/КПП 6827002894/682701001

09.11.2023 № 78/6807  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**УТВЕРЖДАЮ:**

Проректор по научной и  
инновационной работе федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Мичуринский  
государственный аграрный  
университет», доктор экономических  
наук, профессор

В. А. Солопов  
« 09 » \_\_\_\_\_ 2023 г.



**ОТЗЫВ**

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ) на диссертационную работу Гущина Артема Владиславовича на тему: «Применение аэропонных технологий для адаптации микроклонов растений разных таксономических групп», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.6 – Биотехнология.

**Актуальность темы.** Сегодня в биотехнологической науке и сельскохозяйственной практике для массового размножения многих видов культурных растений широко применяют методы культуры тканей и органов *in vitro*, в частности метод клонального микроразмножения. Перед традиционными способами он имеет ряд преимуществ: высокий коэффициент размножения, производство оздоровленного посадочного материала, тиражирование генотипов, которые плохо размножаются общепринятыми способами. Размножение растений в условиях *in vitro* исключает возможность перезаражения растений, завоз и распространение карантинных объектов при интродукции растений, позволяет длительное время хранить ценный генофонд. Получение корнесобственных плодовых и ягодных растений методом

клонального микроразмножения является важным компонентом в интенсификации сельскохозяйственного производства.

Общая схема клонального микроразмножения растений включает следующие этапы: отбор и стерилизация первичных эксплантов, введение эксплантов в культуру *in vitro*, пролиферация почек и индукция развития побегов на питательных средах, укоренение микропобегов, адаптация микрорастений к условиям *in vivo*.

Наиболее ответственным этапом в этой технологии является адаптация микрорастений к нестерильным условиям окружающей среды. Перенос растений в нестерильные условия *in vivo* создает стрессовую ситуацию и приводит во многих случаях к их гибели. Условия *in vitro*, коренным образом отличаясь от условий *in vivo*, индуцируют образование уникального культурального фенотипа растения. Длительное нахождение эксплантов в таких условиях вызывает разнообразные анатомические и физиологические аномалии длительного характера, например, пористость паренхимы листа и уменьшение числа ее слоев. У листьев таких растений отсутствует эпикутикулярный воск, что приводит к чрезмерной потере воды и плохой фотосинтетической способности. Корни *in vitro* растений не имеют корневых волосков, их проводящая система слабо развита, клетки сильно увеличены, и, как показывают исследования, они не в состоянии восстановить потери воды растением в результате возросшей транспирации на начальном этапе адаптации. Дополнительная гибель растений может происходить вследствие высокой инфекционной нагрузки, создаваемой при использовании нестерильного почвенного субстрата, где при повышенной влажности и благоприятной температуре быстро развиваются бактерии, грибы, а иногда и насекомые паразиты.

Для создания целостной промышленной технологической схемы выращивания посадочного материала *in vitro*, необходимо совершенствовать приемы повышения адаптивных возможностей микроклонов растений при переводе их в условия *in vivo*.

Гидропоника сегодня является основой производства растениеводческой продукции без использования почвы. Этот метод давно зарекомендовал себя как наиболее экономически эффективный. Кроме того, отсекаются проблемы, связанные с вредителями и неблагоприятными погодными условиями.

Использование данного метода наиболее эффективно в условиях аэропоники. Классический метод аэропонного выращивания представляет собой разновидность гидропоники, при котором растение и его корни висят в воздухе и получают питание путем периодического опрыскивания водой. Такой метод позволяет растению получать достаточное количество кислорода, что

положительно сказывается на его урожайности и качестве конечного продукта, т. к. отпадает необходимость в использовании различных стимуляторов и пестицидов. Использование aeropоники позволяет создавать полностью автоматические системы выращивания растений, которые значительно проще систем с использованием субстрата. Кроме того, гидро- и aeropоника позволяют эффективно управлять накоплением вторичных метаболитов. При использовании данных технологий можно за один год наработать биомассу в несколько раз больше, чем при выращивании растений традиционными методами.

Исходя из вышеизложенного, работа актуальна и имеет научную значимость. Представляет практический интерес возможность использования разрабатываемых технологий адаптации клонированных растений разных таксономических групп к условиям *in vivo*.

**Научная новизна и практическая значимость исследований и результатов.** Новизна результатов диссертационной работы заключается в том, что её автором впервые разработана, запатентована и апробирована универсальная многоярусная aeropонная установка, позволяющая адаптировать с 95-100% эффективностью микроклены плодово-ягодных, цветочных, лекарственных и водных растений к условиям *ex vitro*. Экспериментально доказано, что предлагаемая установка является универсальной и может быть использована для адаптации различных культур. Установлено, что на последнем этапе клонального микроразмножения целесообразно применять aeropонные технологии, позволяющие проводить укоренение и адаптацию микроклонов разных таксономических групп одновременно. Заслуживают внимания исследования по изучению влияния условий адаптации на морфометрические и биохимические показатели микроклонов разных таксономических групп.

Проведена оценка экономической эффективности выращивания растений традиционным и aeropонным методом и показано, что себестоимость растений, полученных в aeropонике, снижается на 4-5 рублей, рентабельность производства повышается в 7-9 раз.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 127 страницах компьютерного текста; состоит из введения, 3 глав, выводов и списка литературы. Работа содержит 8 таблиц, 67 рисунков. Библиографический список включает 194 источника, в том числе 154 – на иностранном языке.

Во введении обоснована актуальность темы исследования и показана степень проработки проблемы; сформулированы цель и задачи исследований; научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных

результатов, их достоверность, апробация работы и личный вклад соискателя; представлены методология и методы исследований; показаны результаты публикаций материалов диссертации в различных научных изданиях, в том числе входящих в списки Scopus и CA(pt) и в перечень ВАК РФ; представлена структура и объем диссертации.

В главе 1 дан всесторонний обзор отечественных и зарубежных литературных источников о различных способах адаптации и установках для выращивания растений. Обзор литературы изложен достаточно квалифицированно. На основании проведенного анализа была сформулирована цель, поставлены задачи и разработана программа исследований диссертационной работы.

В главе 2 Объект и методы исследований приводится подробная биологическая характеристика растений разных таксономических групп, задействованных в исследованиях. Приведена методика лабораторных опытов. Достаточно подробно изложены методы переноса микроклонов растений из условий *in vitro* в нестерильные условия. Представлены методы проведения биохимических исследований.

В экспериментальной части - третьей главе освещаются результаты экспериментальных исследований по разработке протокола адаптации микрорастений исследуемых культур в аэропонных и почвенных условиях. Важным представляется то, что диссертантом впервые разработана и сконструирована многоярусная установка для адаптации микроклонов. Предлагаемая установка и разработанная технология позволяют добиться высокого выхода посадочного материала с хорошо развитой зеленой биомассой и развитой корневой системой. Проведена оценка экономической эффективности по использованию классических и аэропонных технологий получения посадочного материала.

В своем Заключении диссертант подвел итоги экспериментального исследования.

**Степень обоснованности и достоверности выводов и результатов, а также личный вклад соискателя.** В целом, представленная диссертация является завершённой научно-квалификационной работой. Рассматривая представленный в работе большой экспериментальный материал, детальный и всесторонний анализе ранее проведенных по соответствующей тематике работ, можно отметить, что выдвигаемые на защиту положения имеют достаточную обоснованность. Исследования проводились с применением апробированных современных методик, стандартных методов математической статистики. Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, достаточно полно изложены и научно обоснованы, и вытекают из проведённых исследований.

Диссертация написана хорошим литературным языком.

**Личный вклад соискателя.** Результаты исследований, представленные в диссертации, получены соискателем лично на кафедре биотехнологии ФГБОУ ВО Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева. Диссертантом совместно с научным руководителем разработана тема исследования, лично получены основополагающие результаты, подготовлены и опубликованы научные статьи по теме диссертации в соавторстве.

Таким образом, достоверность, обоснованность полученных результатов и личный вклад в исследования соискателя, не вызывают сомнений.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации и материалы проведенных исследований были представлены в виде докладов на научных конференциях: Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития науки в России и мире» (Таганрог, 2019); XX Всероссийская конференция молодых ученых «Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии» (Москва, 2021); Всероссийская конференция молодых исследователей «АГРАРНАЯ НАУКА – 2022» (Москва, 2022); Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева (Москва, 2023).

Разработанная многоярусная установка была принята как базовое оборудование для адаптации микроклонов растений к условиям *ex vitro* при поставке лабораторий клонального микроразмножения ООО «Лаб-НТ» (Зеленоград, 2022), а также была принята для опытной эксплуатации в отделе прогрессивного растениеводства ООО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «АГРО-ИНЖИНИРИНГ» (Валдай, 2023).

**Полнота публикации основных результатов диссертации в научной печати.** Обзор литературных данных, полученные автором основные экспериментальные результаты, выводы и рекомендации диссертационного исследования опубликованы в 11 научных работах, в том числе 1 статья в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ, 3 статьи в Scopus и CA(pt), а также 1 авторское свидетельство и монография.

**Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.** Полученные автором результаты и сделанные на их основании выводы могут быть использованы для разработки регламента адаптации растений других таксономических групп. Разработанная технология позволит получать высококачественный посадочный материал. Полученные результаты можно использовать в учебном процессе при проведении лекционных и лабораторно-практических занятий.

Рассматривая диссертационную работу в целом, можно констатировать, что тема её соответствует заявленной научной специальности. Полученные в результате исследований экспериментальные данные всесторонне проанализированы, аргументировано, последовательно и профессионально изложены, легко читаются и соответствуют поставленным целям и задачам. Все экспериментальные данные математически обработаны с использованием соответствующих методов статистического анализа. Содержание диссертации достаточно полно отражено в автореферате и в опубликованных научных работах.

Однако по диссертационной работе Гущина А.В., имеются некоторые **замечания и пожелания:**

1. Ошибочно использовать термин «микровсходы малины» (глава 1, стр. 13), когда речь идет о микропобегах, размноженных *in vitro*.

2. Не совсем понятна целесообразность методического приема удаления корней перед высадкой микрорастений на адаптацию (глава 2, стр. 37), ведь если ставится задача снижения затрат при производстве посадочного материала, в качестве микропобегов без корней для опытов можно брать побеги со среды размножения или неукоренившиеся побеги со среды укоренения.

3. Не лишним будет в таблице 2 (глава 2, стр. 62) и таблице 3 (глава 3, стр. 64) указать временной промежуток культивирования, тем более что в тексте такая информация есть.

4. В качестве недостатков технического характера, присутствующих в работе, можно отметить следующие технические погрешности: непонятны обозначения временных промежутков на горизонтальной оси рисунки 30-35 (глава 3, стр. 61-65), на диаграмме рис. 51 (стр. 76) отсутствуют данные по светодиодному освещению (красные столбики), отсутствуют подписи осей на рис. 61 (стр. 83).

5. Для более аргументированной оценки экономической эффективности применения апробированной аэропонной установки хотелось бы знать ее ориентировочную стоимость.

Отмеченные недостатки не имеют принципиального значения и не снижают ценности выполненной работы. Представленная работа актуальна, логически выстроена, её структура и содержание соответствуют цели и задачам исследования, выносимые на защиту положения достаточно обоснованы, результаты и выводы имеет практическую значимость.

#### **Заключение по диссертационной работе.**

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.5.6 – Биотехнология. Автореферат и научные публикации соответствуют содержанию диссертации. Высказанные замечания и пожелания не имеют

принципиального значения и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Диссертация Гущина Артема Владиславовича на тему: «Применение аэропонных технологий для адаптации микроклонов растений разных таксономических групп», представляет собой законченную научно-квалификационную исследовательскую работу, которая по своей актуальности, методическому решению поставленных задач, большому объёму выполненной работы, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней» (постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Гущин Артем Владиславович заслуживает присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.6 – Биотехнология.

Отзыв на диссертационную работу Гущина Артема Владиславовича рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, протокол № 5 от 08 ноября 2023 г.

Профессор кафедры садоводства,  
биотехнологий и селекции  
сельскохозяйственных культур  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Мичуринский государственный аграрный университет»,  
кандидат биологических наук  
специальность 03.00.23 – Биотехнология  
Муратова Светлана Александровна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», телефон/факс +7 (47545) 3-88-01; e-mail: info@mgau.ru



Е.Е. Попова